

B

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-242797

(43)Date of publication of application : 08.09.2000

(51)Int.Cl.

G06T 7/20
B60R 21/00
// G08G 1/04

(21)Application number : 11-040535

(71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 18.02.1999

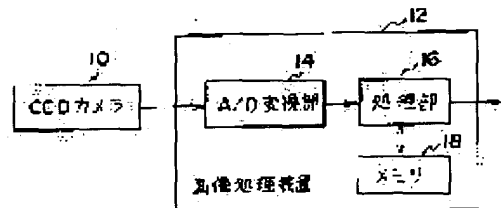
(72)Inventor : NAKAMURA SHINJI

(54) METHOD FOR DETECTING MOVEMENT OF IMAGE AND OBJECT DETECTING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To surely detect an optical flow on a boundary of an object in an optical flow detection which uses a gradient method.

SOLUTION: A picture obtained by a CCD camera 10 is given to a picture processor 12. A processing part 16 of the picture processor 12 detects a temporary optical flow provisionally under a fixed condition by using the gradient method. The spatial gradient of the detected temporary optical flow is calculated and a diffusion coefficient α is decided so as to have a negative correlation with the spatial gradient. By using the diffusion coefficient α which varies with the spatial gradient, an optical flow component by the gradient method is extracted by adding the condition which minimizes the spatial change of the optical flow. By making the diffusion coefficient α variable, the optical flow which is resistive to noise and has emphasized difference at the boundary of the object is obtained.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 27.05.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-242797

(P2000-242797A)

(43)公開日 平成12年9月8日(2000.9.8)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード*(参考)

G 0 6 T 7/20

G 0 6 F 15/70

4 1 0

5 H 1 8 0

B 6 0 R 21/00

G 0 8 G 1/04

C

5 L 0 9 6

// G 0 8 G 1/04

B 6 0 R 21/00

6 2 4 C

6 2 4 G

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 6 頁)

(21)出願番号

特願平11-40535

(22)出願日

平成11年2月18日(1999.2.18)

(71)出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72)発明者 中村 信次

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(74)代理人 100075258

弁理士 吉田 研二 (外2名)

Fターム(参考) 5H180 AA01 CC04

5L096 AA06 BA04 BA18 CA02 DA01

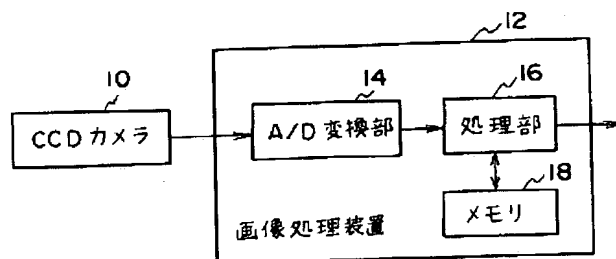
FA06 FA39 HA04

(54)【発明の名称】 画像の運動検出方法及び物体検出装置

(57)【要約】

【課題】 グラディエント法を用いたオプティカルフロー検出において、物体境界のオプティカルフローを確実に検出する。

【解決手段】 CCDカメラ10にて得られた画像は画像処理装置12に供給される。画像処理装置12の処理部16は、グラディエント法を用い、一定条件下で暫定的に仮のオプティカルフローを検出する。検出された仮のオプティカルフローの空間勾配を算出し、この空間勾配に対し負の相関を有するように拡散係数 α を決定する。空間勾配に応じて可変となる拡散係数 α を用い、オプティカルフローの空間的変化が最小となる条件を付加してグラディエント法によるオプティカルフロー成分を抽出する。拡散係数 α を可変とすることにより、ノイズに強く、かつ物体境界においてその差が強調されたオプティカルフローが得られる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 グラディエント法を用いて画像内のオブティカルフローを検出することにより前記画像内の運動を検出する方法であって、

前記グラディエント法において、前記画像内のオブティカルフローの空間的变化を最小にする条件を付加し、かつ、

前記条件を付加する際の拡散係数を変化させることを特徴とする画像の運動検出方法。

【請求項2】 請求項1記載の方法において、前記拡散係数は、一定条件下で検出された仮オブティカルフローの空間勾配に対し負の相関を有するように変化させることを特徴とする画像の運動検出方法。

【請求項3】 グラディエント法を用いて画像内のオブティカルフローを検出することにより前記画像内の運動を検出する方法であって、

オブティカルフローの長さが最小となる条件を付加することで前記画像内から仮のオブティカルフローを検出する第1ステップと、

検出された前記仮のオブティカルフローの空間差分値が増大する程、その値が小さくなるように拡散係数を決定する第2ステップと、

決定された前記拡散係数を用いて前記画像内のオブティカルフローの空間的变化を最小にする条件を付加し、前記画像内のオブティカルフローを検出する第3ステップと、

前記第3ステップで検出されたオブティカルフローを前記仮のオブティカルフローとみなして前記第2及び第3ステップを繰り返すステップと、

を有することを特徴とする画像の運動検出方法。

【請求項4】 画像内から物体を検出する装置であって、

可変の拡散係数を用いて前記画像内のオブティカルフローの空間的变化を最小にする条件を付加することでグラディエント法により前記画像内のオブティカルフローを検出するオブティカルフロー検出手段と、

検出された前記オブティカルフローを用いて前記画像内の物体を検出する物体検出手段と、

を有することを特徴とする物体検出装置。

【請求項5】 請求項4記載の装置において、

$$I(x, y, t) = I(x+dx, y+dy, t+dt) \cdots (1)$$

の関係が成り立ち、上式の右辺をテイラー展開して高次の項を無視すると

$$\frac{\partial I}{\partial x} \cdot u + \frac{\partial I}{\partial y} \cdot v + \frac{\partial I}{\partial t} = 0 \cdots (2)$$

が得られる。(2)式において、(u, v)はオブティカルフローOFのx成分とy成分である。(2)式は、動画像の濃淡値の空間と時間に関する偏微分とオブティ

カルフローは、一定条件下で検出された仮オブティカルフローの空間勾配に対し負の相関を有するように変化することを特徴とする物体検出装置。

【請求項6】 請求項4、5のいずれかに記載の装置において、

前記画像は車載の撮像手段により取得され、

前記物体検出手段は、

検出された前記オブティカルフローから前記撮像手段の運動により生じるオブティカルフローを除去する演算手段を有することを特徴とする物体検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は画像の運動検出方法及び物体検出装置、特にグラディエント法を用いたオブティカルフロー検出に関する。

【0002】

【従来の技術】車両の自動運転などに画像認識技術を用いる場合、得られた画像から他車や歩行者を確実に検出する必要があり、人間や車両の色や形状に関するテンプレートを用いて抽出する技術が知られている。

【0003】一方、他車や歩行者など、画像内で自車の運動とは独立に運動している物体は、画像内での静止背景（建物や街路樹など）とは異なる運動成分を有する

（静止背景は画像内で自車の運動に対応した運動成分のみを持つが、他車や歩行者は自車の運動成分に加えて、それ自身の運動成分も有する）。したがって、画像内で画像全体の運動（自車の運動）とは異なる運動成分を有する物体を検出することで、自車の走行にとり障害物となり得る物体を検出することが可能である。画像内における運動成分は、一般にオブティカルフロー（OF）と呼ばれている。オブティカルフローは画像上での濃淡パターンの見かけの速度ベクトルであり、この速度ベクトルを検出する方法としてグラディエント法が用いられている。

【0004】グラディエント法においては、時刻tにおいて座標(x, y)にある濃淡パターンがdt時刻経過した後に座標(x+dx, y+dy)にその濃淡分布を一定に保ったまま移動したとき、その対応付けから

【数1】

【数2】

カルフロー(u, v)とを関係付ける式であるが、未知パラメータ(u, v)の2つに対し、関係式が1つしか規定されていないため(2)式のみでは(u, v)を一

意的に決定することはできない。

【0005】そこで、従来より(2)式に加えさらに1つ以上の拘束条件を付加することによりオプティカルフローを検出している。

【0006】このような付加条件の1つとして、いわゆる

$$S = \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 \dots (3)$$

なる量Sを最小にするという条件である。そして、

(2)式と(3)式の誤差が画像全体で最小となるよう

$$E = \sum \left(\frac{\partial I}{\partial x} \cdot u + \frac{\partial I}{\partial y} \cdot v + \frac{\partial I}{\partial t} \right)^2 + \alpha \left\{ \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 \right\} \dots (4)$$

と定義し、この誤差Eが最小となるようにオプティカルフロー(u, v)を決定する。

【0007】なお、(4)式におけるαは(2)式と

(3)式の相対的な重みを決定する係数であり、拡散係数と称する。この拡散係数αが大きいほど、(3)式の比重が大きくなり、したがってオプティカルフローの空間的变化が小さい滑らかなオプティカルフローが得られることになる。拡散係数αとしては、一定値(例えばα=10)が用いられる。

【0008】以上述べた、グラディエント法及び空間的大域最適化法の詳細については、例えば「パソコンによる動画処理」(三池秀敏著、森北出版、1993年)を参照されたい。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような一定の拡散係数αを用い、オプティカルフローの空間的变化を最小にする条件を付加してグラディエント法によりオプティカルフローを検出する方法では、変化の滑らかさという付加条件に起因して画像全体でオプティカルフローが平滑化され、したがって異なる運動をしている物体間の境界においてもそのオプティカルフローがぼやけてしまう問題が生ずる。

【0010】図4には、従来の方法によるオプティカルフロー検出が模式的に示されている。図4(a)に示されるように、全く異なる運動を行っている2つの物体が存在し、それぞれのオプティカルフローが全く異なっている。従来方法では一定の拡散係数αを用いてオプティカルフローを平滑化しているため((4)式において、滑らかさを要求する右辺第2項の重みを常に一定としている)、(b)に示されるように異なる物体間の境界においてもオプティカルフローが平滑化されてしまい、物体の境界を確実に抽出することができない問題があった。

【0011】もちろん、異なる運動をしている物体間の境界におけるオプティカルフローを抽出すべく、拡散係

る空間的大域最適化法と呼ばれる方法がある。この方法は、(2)式に加え、さらにオプティカルフローの空間的变化を最小にする条件を付加するものである。すなわち、

【数3】

$$S = \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 \dots (3)$$

に、すなわち誤差Eを

【数4】

$$E = \sum \left(\frac{\partial I}{\partial x} \cdot u + \frac{\partial I}{\partial y} \cdot v + \frac{\partial I}{\partial t} \right)^2 + \alpha \left\{ \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 \right\} \dots (4)$$

数αを一律に小さな値(例えばα=1)に設定すること考えられるが、この場合には、画像全体に渡って

(4)式の右辺第1項の比重が高まり、濃淡のわずかな相違も異なるオプティカルフローとして抽出されることになり、画像内のノイズがオプティカルフローに影響を与えてしまう新たな問題が生ずる。

【0012】本発明は、上記従来技術の有する課題に鑑みなされたものであり、その目的は、耐ノイズ性と、異なる運動をしている物体間の境界におけるオプティカルフローの確実な検出という、2つの要求を同時に満たすことができる装置及び方法を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、第1の発明は、グラディエント法を用いて画像内のオプティカルフローを検出することにより前記画像内の運動を検出する方法であって、前記グラディエント法において、前記画像内のオプティカルフローの空間的变化を最小にする条件を付加し、かつ、前記条件を付加する際の拡散係数を変化させることを特徴とする。拡散係数を従来のように一定ではなく、変化させることで、耐ノイズ性と物体境界でのオプティカルフローの差分強調という要求に対応することができる。なお、拡散係数は、より具体的には静止背景や物体内部と考えられる画像位置では大きく設定されて滑らかさが優先され、物体境界と考えられる画像位置では小さく設定されてその差が強調される。

【0014】また、第2の発明は、第1の発明において、前記拡散係数は、一定条件下で検出された仮オプティカルフローの空間勾配に対し負の相関を有するように変化させることを特徴とする。仮オプティカルフローの空間勾配が大きい画像位置は物体境界と考えられ、空間勾配が小さい画像位置は静止背景や物体内部と考えられる。したがって、空間勾配に対して負の相関を有するように拡散係数を変化させることで拡散係数を最適化することができる。なお、一定条件とは、グラディエント法

を用いて暫定的にオプティカルフローを検出するための条件であり、ある程度の精度でオプティカルフローを検出できればいかなる条件も可能である。好適な実施形態では、拡散係数 α を0に設定した条件が用いられるが、従来方法と同様（ α を例えば10に固定）の方法で仮オプティカルフローを得てもよい。

【0015】また、第3の発明は、グラディエント法を用いて画像内のオプティカルフローを検出することにより前記画像内の運動を検出する方法であって、オプティカルフローの長さが最小となる条件を付加することで前記画像内から仮のオプティカルフローを検出する第1ステップと、検出された前記仮のオプティカルフローの空間差分値が増大する程、その値が小さくなるように拡散係数を決定する第2ステップと、決定された前記拡散係数を用いて前記画像内のオプティカルフローの空間的变化を最小にする条件を付加し、前記画像内のオプティカルフローを検出する第3ステップと、前記第3ステップで検出されたオプティカルフローを前記仮のオプティカルフローとみなして前記第2及び第3ステップを繰り返すステップとを有することを特徴とする。第2ステップ及び第3ステップを繰り返すことで、物体の境界位置におけるオプティカルフローの差が強調され、より高精度の検出が可能となる。

【0016】また、第4の発明は、画像内から物体を検出する装置であって、可変の拡散係数を用いて前記画像内のオプティカルフローの空間的变化を最小にする条件を付加することでグラディエント法により前記画像内のオプティカルフローを検出するオプティカルフロー検出手段と、検出された前記オプティカルフローを用いて前記画像内の物体を検出する物体検出手段とを有することを特徴とする。

【0017】また、第5の発明は、第4の発明において、前記拡散係数は、一定条件下で検出された仮オプティカルフローの空間勾配に対し負の相関を有するように変化することを特徴とする。

【0018】また、第6の発明は、第4、第5の発明において、前記画像は車載の撮像手段により取得され、前記物体検出手段は、検出された前記オプティカルフローから前記撮像手段の運動により生じるオプティカルフローを除去する演算手段を有することを特徴とする。自車の運動に起因するオプティカルフローを除去することで、自車の運動とは独立に運動する物体のオプティカルフローのみを抽出でき、これにより自車とは独立に運動する物体を確実に検出できる。なお、自車の運動に起因するオプティカルフローは、自車の運動パラメータ（自

車の運動速度など）に基づいて算出されるが、自車の運動パラメータはセンサにより検出することもできるが、画像から推定することも可能である。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、図面に基づき本発明の実施形態について説明する。

【0020】図1には、本実施形態の構成ブロック図が示されている。撮像手段としてCCDカメラ10が車両の所定位置に設けられ、車両周囲画像を取得する。得られた画像は画像処理装置12に供給される。

【0021】画像処理装置12は、A/D変換部14、処理部16及び画像メモリ18を含んで構成されている。A/D変換部14は、CCDカメラ10からの画像信号をデジタル変換し、処理部16に出力する。処理部16は、マイクロコンピュータで構成され、従来と同様に拡散係数 α を用い、オプティカルフローの空間的变化を最小にする条件を付加してグラディエント法により画像内のオプティカルフローを検出する。但し、処理部16は従来のように一定の拡散係数 α を用いるのではなく、可変の拡散係数 α を用いる。具体的には一定条件下で画像内から検出された仮のオプティカルフロー（暫定的に検出されたオプティカルフロー）からその空間勾配を算出し、この空間勾配に対して負の相関を有するように拡散係数 α を変化させる。すなわち、隣接するオプティカルフローの差が大きいところ、すなわち異なる物体間の境界と考えられる画像位置においては小さな拡散係数が設定され、オプティカルフローの差が小さいところ、すなわち物体内部や背景内部と考えられる画像位置では大きな拡散係数が設定される。メモリ18は、A/D変換部14でデジタル変換された画像あるいは検出したオプティカルフローを格納する。

【0022】図2には、本実施形態における全体処理フローチャートが示されている。まず、CCDカメラ10にて画像を取得し（S101）、画像処理装置12内の処理部16で画像内からオプティカルフロー（OF）を検出する（S102）。オプティカルフローを検出した後、処理部16は自車の運動、すなわちCCDカメラ10自体の運動に起因して生じるであろう画像内のオプティカルフローを算出する（S103）。自車が横滑りやピッチあるいはロール運動せずに前方に運動している場合には、CCDカメラの視点高さ e が既知で道路が平坦であるとして投影幾何学により自車の運動のパラメータ（運動速度 Z とヨーレート R ）と自車の運動により生じたオプティカルフロー（ u' 、 v' ）との間には、

【数5】

$$u' = \frac{-xy}{e} Z - \frac{(1+x^2) \sin R}{(-x \sin R + \cos R)} \quad \dots (5)$$

及び

【数6】

$$v' = -\frac{y^2}{e}Z + \frac{-xy \sin R + \cos R - y}{(-x \sin R + \cos R)} \dots (6)$$

の関係があるので、得られた画像のオプティカルフロー（ u 、 v ）のデータを最小2乗法などの方法により

（5）式、（6）式に当てはめ、自車の運動速度 Z 及びヨーレート R を推定することができる。そして、推定された Z と R を用い、再び（5）式、（6）式を用いてオプティカルフロー（ u' 、 v' ）を算出することができる。もちろん、自車の運動速度 Z 及びヨーレートを別途センサで検出し、検出して得られた Z と R を用いてオプティカルフロー（ u' 、 v' ）を算出することも好適である。

【0023】自車運動に起因するオプティカルフロー（ u' 、 v' ）を算出した後、S102で検出されたオプティカルフロー（ u 、 v ）からS103で算出した自車運動のオプティカルフロー（ u' 、 v' ）を除去する（S104）。この処理は、画像内から自車の運動とは無関係に動いている物体のオプティカルフローのみを抽出するためである。

【0024】そして、S104にて抽出されたオプティカルフロー、すなわち自車の運動とは無関係に運動している物体に起因するオプティカルフローに対して所定のフィルタ処理（例えばローパスフィルタ）を施してノイズを除去し、所定のしきい値と比較し2値化処理するこ

$$d(ix, iy) = \sqrt{(u(x, y) - u(x+ix, y+iy))^2 + (v(x, y) - v(x+ix, y+iy))^2} \dots (7)$$

である。但し、 ix 、 iy は差分をとる方向を示すパラメータである。

【0027】仮のオプティカルフローの空間勾配 $d(ix, iy)$ を算出した後、この $d(ix, iy)$ を用いて拡散係数 α を算出する（S203）。拡散係数 α は、上述したようにオプティカルフローの差が大きいとこ

$$\alpha = \frac{k}{1 + d^2} \dots (8)$$

のように決定される。なお、 k は定数であり、たとえば $k=1$ 、0に設定できる。

【0028】拡散係数 α を空間的勾配に基づいて決定した後、（4）式における誤差 E を最小にするオプティカルフロー（ u 、 v ）を算出する（S204）。これにより、S201で暫定的に検出された仮のオプティカルフローが更新され、物体内部や背景内部では滑らかさを維持しつつ、物体境界ではその差が強調されたオプティカルフローが得られることになる。

【0029】S204でオプティカルフローを検出した後、検出されたオプティカルフローを用いて再びS202の処理に戻ってその空間勾配 $d(ix, iy)$ を算出し、拡散係数 α を再度算出する。そして、この拡散係数 α を用いて再び（4）式の誤差 E を最小にする（

とでしきい値以上のオプティカルフローを抽出する（S105）。S105で抽出したオプティカルフローが、自車の運動とは独立に運動している物体のオプティカルフローであり、処理部16はこのオプティカルフローに基づき物体を認識して出力する。

【0025】図3には、図2におけるS102の処理、すなわち画像内からオプティカルフロー（OF）を検出する処理の詳細フローチャートが示されている。図において、処理部16は、まず一定条件下で画像内から仮のオプティカルフロー（OF）を暫定的に検出する（S201）。ここで、一定条件下とは、拡散係数 α を0とし、（4）式の誤差 E が右辺第1項のみである条件をいい、この条件下で仮のオプティカルフローを検出する。この仮のオプティカルフローは、ノイズの影響を受け易く、精度の低いオプティカルフローである。

【0026】仮のオプティカルフローを検出した後、隣接するオプティカルフロー間でその空間勾配 $d(ix, iy)$ を算出する（S202）。ここで、 $d(ix, iy)$ は、 $(u(x, y), v(x, y))$ をそれぞれ任意の座標 (x, y) における仮のオプティカルフローの差分の x 成分、 y 成分とした場合、

【数7】

ろ、すなわち物体境界と考えられる位置では小さく、オプティカルフローの差が小さいところ、すなわち物体内部や背景内部と考えられる位置では大きくなるように設定され、具体的には、

【数8】

v ）を算出することによりオプティカルフローを検出する。2回目に検出されたオプティカルフローは、1回目に検出されたオプティカルフロー以上に異なる物体間の境界における差が強調されたものとなる。

【0030】なお、S202～S204の繰り返し回数は任意に設定することができ、あるいは所定の判定基準を用いて繰り返し回数を制限することもできる。

【0031】また、差分をとる方向 i としては x 方向、 y 方向に限らず、任意の方向を用いることができ、例えば、着目している位置を中心として45度ずつ回転した合計8方向とすることもできる。差分をとる方向、すなわち空間勾配を算出する方向に依存して拡散係数 α が決定されることは、（8）式から明らかであろう。

【0032】また、本実施形態においては、（8）式を

用いて拡散係数 α を可変としたが、本発明はこれに限定されることなく、空間勾配 $d(i x, i y)$ に対し負の相関を有するような任意の関数式を用いて拡散係数 α を決定することができる。

【0033】また、拡散係数 α を空間勾配に応じて決定するのではなく、画像内の濃淡のエッジに着目し、エッジの存在する画像位置では拡散係数 α を小さく設定し、エッジの存在しない画像位置では拡散係数 α を大きく設定することも可能であろう。

【0034】また、本実施形態においては物体の境界でオプティカルフローが大きく変化し、物体内部及び背景内部ではその変化が滑らかなものとなるように拡散係数 α を変化させているので、図2に示されるように得られたオプティカルフローから自転車運動に起因するオプティカルフローを除去することにより自転車とは独立に運動している物体のオプティカルフローを算出するのではなく、S102にてオプティカルフローを検出した後、隣接する領域間でオプティカルフローの差分を演算し、その値が所定しきい値以上である場合には異なる運動をしている物体の境界であると認識することも好適である。

【0035】さらに、近接画素間でオプティカルフロー成分を比較し、画素間の変化が所定しきい値以下である

場合にはその画素を同一グループ内にグループ化する処理を行うことでオプティカルフロー成分の類似する複数の領域に画像を分割し、物体の境界を検出することも好適である。

【0036】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば拡散係数を可変としてオプティカルフローを検出しているので、画像に含まれるノイズに強く、かつ物体境界のオプティカルフローを確実に検出することができる。したがって、画像として車両周囲画像を用いた場合、車両の運動とは独立に運動する物体を確実に検出することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施形態の構成ブロック図である。

【図2】 実施形態の全体処理フローチャートである。

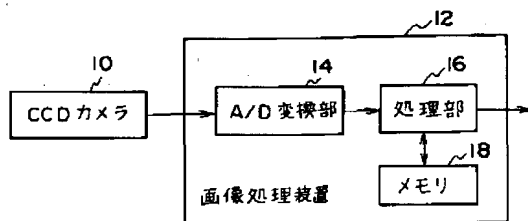
【図3】 図2におけるS102の処理の詳細フローチャートである。

【図4】 従来技術を説明するオプティカルフローの境界説明図である。

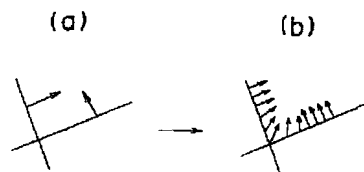
【符号の説明】

10 CCDカメラ、12 画像処理装置、14 A/D変換部、16 処理部、18 メモリ。

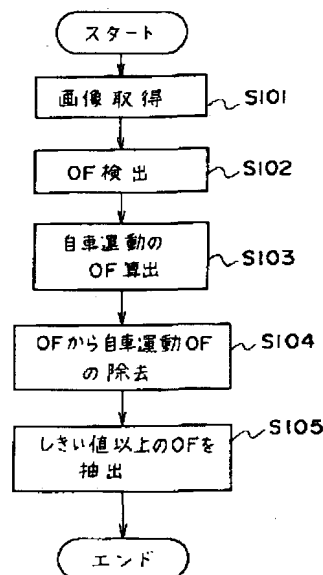
【図1】



【図4】



【図2】



【図3】

